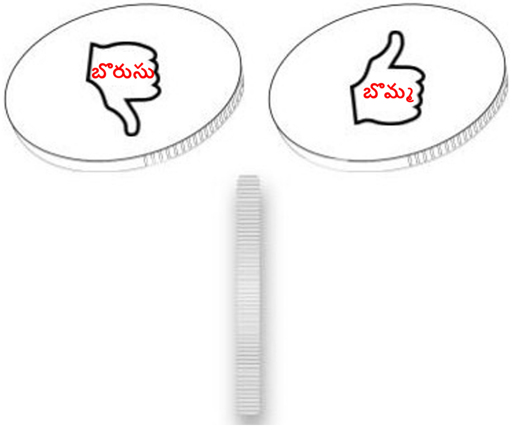
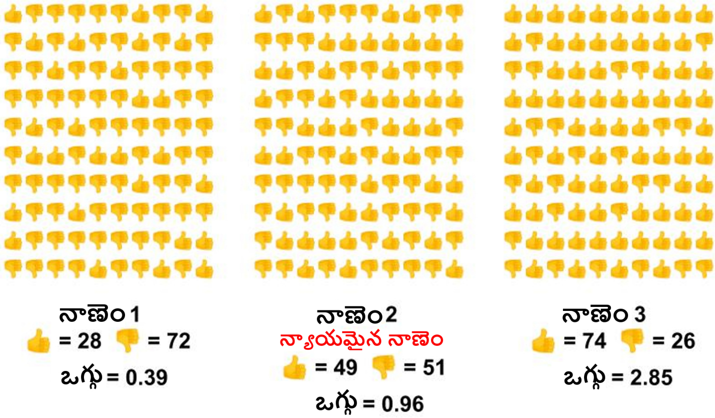
తప్పు ఒప్పుల గణాంకాలు



క్రికెట్ ఆటలో టాస్ గెలిచిన జట్టు కి బ్యాటింగ్ లేదా బౌలింగ్ ఎంచుకునే అధికారం వస్తుంది. నాణేన్ని గాలిలోకి ఎగరవేస్తే బొమ్మా బొరుసులలో ఒకటి పైకి కనపడుతుంది. చాలా టాస్ లని నమోదు చేస్తే బొమ్మా బొరుసులు సమంగానే పైకి ఉంటాయా? ఉంటాయనే నమ్ముతాం. చాలా అరుదుగా ఆ నాణెం అంచు మీద కూడా నించోవచ్చు. కానీ దీనిని నిర్లక్ష్యం చేద్దాం. ఎన్ని టాస్ లని నమోదు చేసిన తరువాత బొమ్మా బొరుసులు సమంగా ఉంటాయి? నాలుగు టాస్ ల లో ఖచ్చితంగా రెండు బొమ్మలూ రెండు బొరుసులూ ఉండవని మన అందరికీ తెలుసు. సమంగా ఉండటం అంటే బొమ్మా బొరుసుల సంఖ్యలు ఖచ్చితంగా ఒకటే ఉండాలా లేకపోతే ఇంచుమించు సమంగా ఉండటమా? బొమ్మల సంఖ్యతో బొరుసుల సంఖ్యని విభజిస్తే వచ్చే సంఖ్యని వొగ్గు ఇంగ్లీషులో బయాస్ అని పేర్కొందాం. వొగ్గు విలువ 1 ఉన్న నాణాన్ని న్యాయమైన నాణెం అంటారు. ఎప్పుడు టాస్ చేసినా బొమ్మా బొరుసుల సంభావన సమంగానే ఉంటుంది. వొగ్గు విలువ 1 కంటే తక్కువ ఉంటే టాస్ లో బొరుసు సంభావన ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఉదాహరణకు వొగ్గు విలువ 0.33 ఉంటే సగటున ఒక బొమ్మకి రెండు బొరుసులు. అలాగే వొగ్గు విలువ 2.0 ఉంటే సగటున రెండు బొమ్మలకి ఒక బొరుసు. ఇలా ఎక్కువ తక్కువ వొగ్గులు ఉన్న నాణాలు నిజంగా ఉంటాయా? అలాంటి నాణాలు తయారు చేయటం, చూస్తున్న వాళ్ళకి తెలియకుండా

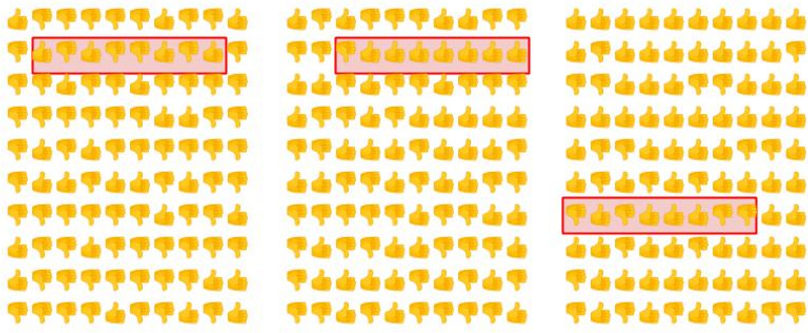
టాస్ చెయ్యటంలో హస్తలాఘవం చూపించి కావలిసినట్టు బొమ్మా బొరుసులు రప్పించటం సాధ్యం కావు. వివిధ వొగ్గు విలువలు ఉన్న నాణాలకి గణిత సమరూపం తయారు చేసి కంప్యూటర్ మీద టాస్ చేసి మాత్రమే చూడవచ్చు. ఈ విధమైన సూక్ష్మ పరిశీలన విజ్ఞాన శాస్త్ర పరిశోధనా ఫలితాల యొక్క పటుత్వం కొలవటానికి అవసరం. అనేక విషయాలలో వైజ్ఞానిక ఫలితాలు క్రితం ఆధ్యాయంలో చూపినట్టు సగటూ మధ్యగత బహుళకాలు ఉన్న పంపిణీల రూపంలో కాక అవునూ-కాదూ తప్పూ-ఒప్పూ సఫలమూ-విఫలమూ వంటి రెండే రెండు నిర్దిష్ట సమాధానాల రూపంలో ఉంటాయి. చాలా విషయాలలో ఇది సరళీకరించటం వల్ల వచ్చిన మార్పు. ఉదాహరణకు రక్తపరీక్ష ద్వారా జబ్బుని గుర్తించటానికి ప్రయత్నం చేస్తే రోగికి జబ్బు ఉందని కానీ లేదని కానీ మాత్రమే సమాధానం మనకి ఇస్తారు. ఇది జీవ రసాయన ప్రక్రియల సరళీకరణ. రసాయన ప్రక్రియలో ఉన్న మార్పులు గాసియన్ పంపిణీ రూపంలో కనక ఉంటే క్రితం అధ్యాయంలో చర్చించినట్టు రెండు గాసియన్ల మధ్య వ్యత్యాసం ఉందీ-లేదూ అనే రెండు సమాధానాలుగా సరళీకరించారు. ఏ పరీక్షకి ఐనా ఏ ప్రయోగ ఫలితానికి ఐనా ఒక నిర్దిష్టమైన సందిగ్ధత ఉంటుంది అనటమే వైజ్ఞానిక పరిశోధన యొక్క అత్యంత ముఖ్యమైన లక్షణం. పైన ఉదాహరించిన రక్త పరీక్ష ఫలితంలో ఫలానా శాతం తప్పు ఉంటుంది అని వైజ్ఞానికులు ముందే చెబుతారు. అలా తప్పులు ఉంటాయి అనటమేకాక ఆ తప్పుకి సంఖ్యా రూపం ఇవ్వటం కేవలం వైజ్ఞానిక శాస్త్రాలలోనే కనపడుతుంది. అవైజ్ఞానీక ప్రతిపాదనలని గుర్తించటానికి ఇది ఒక ముఖ్య మార్గం.

ఫలితాలు గాసియన్ లేదా ఇతర పంపిణీ రూపంలో ఉంటే ఈ సందిగ్ధతే వైవిధ్యం. ఫలితాలు తప్పు-ఒప్పుల రూపంలో ఉంటే ఫలితాల సందిగ్ధతా నాణాల వొగ్గుల మధ్య సమరూపత ఉంటుంది. ఇందుకే టాస్ ల గురించి ఇక్కడ చర్చిస్తున్నాము. ఉదాహరణకు ఏదైనా రక్తపరీక్షని 90 శాతం నమ్మవచ్చు అన్నా ఒక నాణెం వొగ్గు 9 అని అన్నా అంకెలలో ఒకటే. ప్రతి తొమ్మిది



బొమ్మలకీ ఒక బొరుసు, ప్రతి తొమ్మిది సఫల రోగ నిర్ధారణలకీ ఒక అసఫలత. అసలు ఈ పరీక్షని 90 శాతం నమ్మవచ్చు అనే ధృఢ నిశ్చయానికి వైజ్ఞానికులు ఎలా వచ్చారు? ప్రయోగాలూ పరిశోధనలూ చేసి. ఎన్ని ప్రయోగాలు చేసిన తరువాత వొగ్గు యొక్క సరియైన విలువ తెలుస్తుంది? అంత లోతుగా గణాంక శాస్త్రాన్ని ఇక్కడ మనం చర్చించలేము. కానీ నాణాల టాస్ లని కొంచెం తరిచి చూస్తే కొన్ని ముఖ్యమైన విషయాలు తెలుస్తాయి.

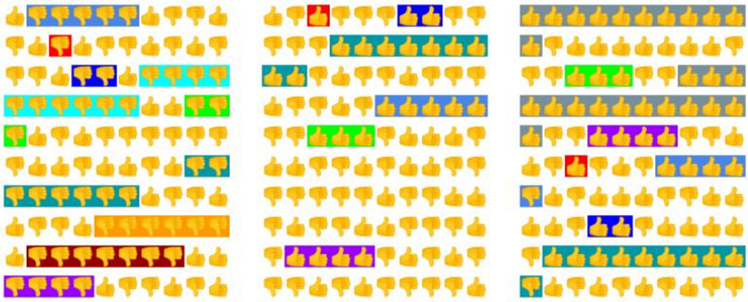
మూడు విభిన్న వొగ్గు విలువలు కలిగిన నాణాలని కంప్యూటర్ మీద తలొక వంద సార్లు టాస్ చేసి ఫలితాలకి చిత్రరూపం ఇచ్చాను. బొమ్మ ని "ధమ్స్అప్" బొరుసుని "ధమ్స్ డౌన్" ఎమోటికాన్స్ తో సూచించాను. వంద ఫలితాలనీ పరిశీలిస్తే మధ్యలో ఉన్నది న్యాయ నాణెం అనిపిస్తుంది. వొగ్గు 0.96. ఒక బొమ్మకి ఒక బొరుసు. ఎడమవైపు చూపిన నాణెం వొగ్గు 0.39. ఒక బొమ్మకి ఇంచుమించు రెండు బొరుసులు. కుడివైపు చూపిన నాణెం వొగ్గు 2.85. ఇంచుమించు రెండు బొమ్మలకి ఒక బొరుసు. ఇవి పూర్తి నూరు ఫలితాలనీ ఉపయోగించి గణించిన వొగ్గు విలువలు. పక్క పేజీలోని చిత్రంలో కొన్ని ఫలితాలకి మాత్రం ప్రాముఖ్యత ఇచ్చి వాటిని రంగు చదరంతో సూచించాను. ఈ కాసిని ఫలితాలని మాత్రమే ఉపయోగించి కనక వొగ్గు గణిస్తే కుడి ఎడమల ఉన్న నాణాలు న్యాయ నాణాలనే భ్రమ మనకి



నాణెం1	నాణెం2	నాణెం3
8 టాస్ ల ఒగ్గు = 1	8 టాస్ ల ఒగ్గు = 7	8 టాస్ ల ఒగ్గు = 1
సరైన ఒగ్గు= 0.39	సరైన ఒగ్గు = 0.96	సరైన ఒగ్గు = 2.85

కలుగుతుంది. రెండిటికీ వొగ్గు విలువ 1. మధ్యలో ఉన్న నాణెం వొగ్గు మాత్రం 7 అని భ్రమ పడతాము. సరైన వొగ్గు విలువలు గణించటానికి ఎన్ని ఎక్కువ ఫలితాలని పరిశీలిస్తే అంత మంచిది. సాధారణంగా ఆధునిక విజ్ఞానాన్ని సవాలు చేసే వారు అందరూ ఒకటి రెండు ఫలితాలని చూసి భావుకతతో గొడవలు చేసేవాళ్ళే. వైజ్ఞానిక పరిశోధకులకి నేర్పే మొట్టమొదటి పాఠం భావుకత వదిలి ఫలితాలని నిష్పక్షపాతంగా పరిశీలించటమే.

సరైన వొగ్గు విలువ 1 కి దగ్గరగా ఉండే న్యాయమైన నాణెం టాస్ చేసినప్పుడు వరసగా కొన్ని "బొమ్మ" లే పడితే రాబోయే టాస్ లో "బొరుసు" పడే సంభావన ఎక్కువ అవుతుందా? అవదు. ఇలా అవుతుందని నమ్మటం కేవలం జూదరుల భ్రమ అని అంటారు వైజ్ఞానికులు. పక్క పేజీలోని చిత్రంలో మనం ఇంతకు ముందు చర్చించిన ఫలితాలలోని బొమ్మా బొరుసుల వరసలని వివిధ రంగుల చదరాలతో సూచించాను. మధ్య ఉన్న న్యాయమైన నాణెం ఫలితాలలో రెండు నుంచి తొమ్మిది బొమ్మల వరసలని మాత్రం ఈ విధంగా చూపాను. బొరుసు వరసలూ ఉన్నాయి. అవికూడా చూపితే చిత్రం సరళంగా ఉండదు. రెండు బొమ్మల తర్వాత బొరుసు రావచ్చు, మూడు బొమ్మల తరువాతా రావచ్చు. తొమ్మిది బొమ్మల తరువాత కూడా రావచ్చు. బొమ్మా బొరుసులు



నాణెం1 సరైన ఒగ్గు = 0.39 | నాణెం2 సరైన ఒగ్గు = 0.96 | నాణెం3 సరైన ఒగ్గు = 2.85

ఒకటి తరువాత ఒకటి వరసగా రావటమే అరుదు. రాబోయే టాస్ ఫలితం పాత టాస్ ఫలితాల మీద ఆధారపడదని ఈ వివరాలని చెబుతాయి. చిత్రంలో ఎడమవైపు నాణెం వొగ్గు 0.39. అందుకే చూపిన నూరు ఫలితాలలో ఎక్కువ బొరుసులు ఉన్నాయి. కానీ ఈ ఫలితాలలో సైతం రెండు నుంచి పది బొరుసుల వరసల తరువాత బొమ్మ రావటం కనపడుతుంది. మొత్తం మీద బొమ్మ రావటానికి సంభావన తక్కువ. వరసగా బొమ్మలు రావటం అరుదు. కుడివైపు ఉన్న నాణె వొగ్గు విలువ 2.85. బొమ్మ రావటానికి సంభావన ఎక్కువ. రెండు నుంచీ పది బొమ్మల వరసలు చూడగలం. వొగ్గు విలువని బట్టి రాబోయే టాస్ ఫలితం ఉంటుంది కానీ సమీప చరిత్రలో టాస్ ఫలితాల మీద ఆధారపడదు. అలా ఆధారపడటం ఎంత విజ్ఞాన వ్యతిరేకమో ఏమాత్రం ఆలోచించినా తెలుస్తుంది. నాణెంలో పాత ఫలితాలని నమోదుచేసే ప్రక్రియ లేదే. టాస్ చేసే వ్యక్తికి తెలిసినా మోసం చేసే ఏర్పాట్లు లేకపోతే ఫలితాలు ఎలా మారగలవు?

సగటున నాణెం 50శాతం బొమ్మ పడాలి కనుక, క్రితం కొన్ని టాస్ ఫలితాలు సగటుకి దూరంగా ఉన్నాయి కనుక, రాబోయే ఫలితం సగటుకి మళ్ళుతుందనే నమ్మకమే జూదరుల భ్రమకి కారణం. జూదరుల భ్రమకీ సగటుకి మళ్ళటానికీ, దీనినే ఇంగ్లీష్ లో రిగ్రెషన్ టు ది మీన్ అని అంటారు, ఉన్న తేడా గుర్తించటం ప్రపంచాన్ని వైజ్ఞానిక రీతిలో అర్థం చేసుకోటానికి అవసరం.

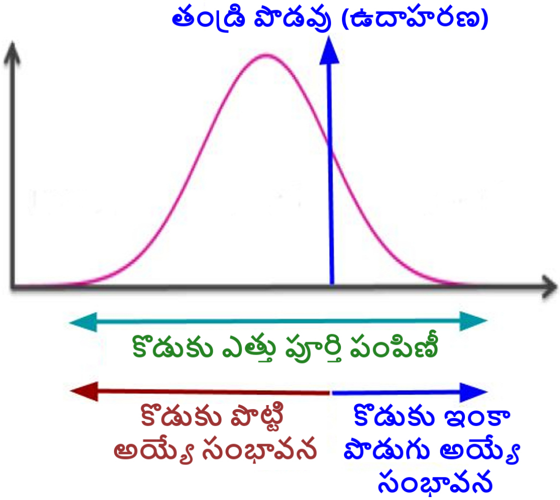
సామాన్యంగా పిల్లలు ఆడుకునే పాచికలకి ఆరు వైపులా ఒకటి నుంచీ ఆరు వరకూ అంకెలు రాసి ఉంటాయి. పాచికలు విసిరితే ఏదో ఒక అంకె పైకి కనపడుతుంది. న్యాయమైన పాచికలలో ఏ అంకె కైనా సంభావన సమమే. భారతదేశ పురాణాలలో వర్ణించే పాచికలు నలుచెదరపు నాణాలలా ఉండి విసిరితే ఒక చుక్క ఉన్న వైపుగానీ ఏమీలేని వైపుగానీ పైకి రావటానికి అనువుగా ఉండేవి. ఆధునిక కాలంలో నూరు అంకెలు ఉన్న పాచికలు దొరుకుతాయి. మొదటిసారి దొర్లిస్తే వచ్చే సంఖ్యకీ తరువాత దొర్లించినప్పుడు వచ్చే సంఖ్యకీ సంబంధం కనపడుతుంది. ఉదాహరణకు మొదటిసారి వచ్చిన సంఖ్య 73 అయితే తరువాత వచ్చే సంఖ్య చిన్నది అవటానికి సంభావన ఎక్కువ. అదే మొదటిసారి 13 లాంటి చిన్న సంఖ్య వస్తే తరువాత పెద్ద సంఖ్య వస్తుంది. దీనినే సగటుకి మళ్ళటం అంటారు.

నాణాల లాగే పాచికలలో కూడా పాత ఫలితాలని నమోదుచేసే ప్రక్రియ లేదు. మరి నాణెం టాస్ లలో లేని సగటుకి మళ్ళటం పాచికలలో ఎలా సాధ్యం అయ్యింది? నాణాల టాస్ లలో ఫలితంగా వచ్చిన బొమ్మనీ బొరుసునీ పోల్చటం లేదు. అవి ఎన్నిసార్లు పడ్డాయో లెక్కించి ఆ యా అంకెలని పోల్చటానికి ప్రయత్నం చేస్తున్నారు. వంద సంఖ్యలు చూపే పాచికలలో ఫలితంగా వచ్చిన అంకెలని మనం పోల్చుతున్నాము. పాచికని



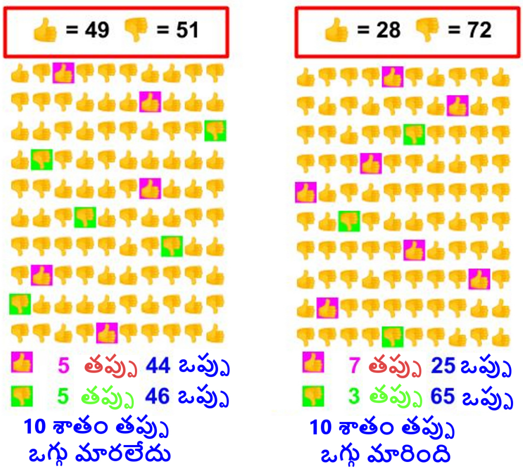
విసిరితే ఏ అంకె అయినా రావచ్చు. వాటిలో 73 కంటే పెద్దవి కేవలం 27, చిన్నవి 72. అందువల్లనే వచ్చే సంఖ్య చిన్నది అవటానికి సంభావన ఎక్కువ. కానీ అది సంభావన మాత్రమే. 73 తరువాత 87 రావచ్చు. కానీ ఆ తరువాత చిన్న అంకె రావటానికి సంభావన ఇంకా ఎక్కువ అవుతుంది.

తండ్రీ కొడుకుల ఎత్తుల మధ్య సంబంధం సగటుకి మళ్ళటానికి చాలా మంచి ఉదాహరణ. తండ్రి చాలా పొడవైన వ్యక్తి అయితే కొడుకులు తండ్రి కంటే పొట్టిగా ఉండటం చాలా సార్లు కనపడుతుంది. కొడుకు ఎత్తు క్రితం అధ్యాయంలో చర్చించిన గాసియన్ పంపిణీలో ఎక్కడైనా ఉండవచ్చు. తండ్రి పొడుగు ఎక్కువ అంటే తండ్రి ఎత్తు పంపిణీ సగటు కంటే ఎక్కువ కదా. కనుక ఆ పంపిణీలో తండ్రి కన్నా పొడవైన వ్యక్తుల భాగం తక్కువగా ఉంటుంది. అందుకే పొడుగాటి తండ్రికంటే కొడుకు పొట్టి అయే సంభావన ఎక్కువ అవుతోంది. కింది చిత్రం దీనిని స్పష్టం చేస్తుంది. ఇది కూడా సగటుకి మళ్ళటమే. వంద అంకెల పాచికలతో పోలిక స్పష్టంగా కనపడుతోంది. కానీ ఒక తేడా లేకపోలేదు. పొడుగాటి తండ్రి జన్యువుల ద్వారా కొడుకు కూడా పొడగరి అయ్యే అవకాశం కూడా ఉంది.



సగటుకి మళ్ళటానికి ఇంకో తప్పు ఉదాహరణ ఆటల పోటీల విమర్శలలో కనపడుతుంది. వరసగా మూడు నాలుగు సార్లు ఓడిపోయిన జట్టు రాబోయే పోటీలో గెలిచే అవకాశం సగటుకి మళ్ళటం వల్ల ఎక్కువ అవుతుందని చాలామంది వాదిస్తారు. కానీ జట్టు విజయ అవకాశాలు ముందు చర్చించిన నాణెం వొగ్గు లాగా చాలా ఫలితాల సగటు. అది మారదు. ఇక పోతే మానసిక కారణాలు జయాపజయాలు రెండిటికీ వెతకవచ్చు. ఓటమి వల్ల నిస్పృహ చెంది ఇంకో ఓటమికీ పట్టుదల విజయానికీ దోహదం చేస్తాయి. వీటికీ సగటుకి మళ్ళటానికీ సంబంధం లేదు.

ఫలితాల గణాంక శాస్త్ర చర్చలో ఇంకొక ముఖ్య అంశం మూల సంభావనా లోపం. ఉదాహరణకు ఒక జబ్బు నిర్ధారణకి వాడే రక్త పరీక్షలో 10 శాతం తప్పు ఉండవచ్చని వైజ్ఞానికులు నిర్ధారణ చేసారని అనుకుందాం. జనాభాలో ఈ పరీక్ష విస్తృతంగా ఉపయోగిస్తే ఎంత శాతం ప్రజలకి తప్పు ఫలితం వస్తుంది? ఎల్లప్పుడూ తప్పు ఫలితం 10 శాతమే కాదు. ఇలా ఎందుకు జరుగుతుందో తెలియటానికి మళ్ళీ ఒకసారి 0.96, 0.39 వొగ్గు విలువల నాణాల ఫలితాలని కింది చిత్రంలో చూపించాను. చిన్న తేడా. 10 శాతం బొమ్మలని బొరుసులుగా, 10 శాతం బొరుసులని బొమ్మలుగా ఎర్ర, పచ్చ రంగులో చూపించాను.

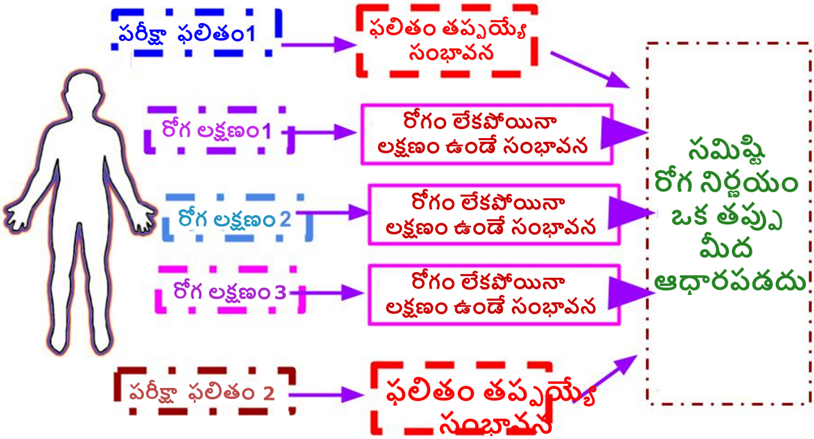


అంటే 10 శాతం బొమ్మా బొరుసులు తప్పుగా, బహుశా ప్రయోగ సమయంలో కాంతి లోపం వల్ల నమోదు చేయబడ్డాయి. రెండు నాణాలకీ తప్పు 10 శాతమే. కానీ వొగ్గులో తేడాలని చూడండి. వొగ్గు విలువ 0.96 ఉన్న నాణెం వొగ్గులో మార్పు లేదు. రెండవ నాణెం వొగ్గు 0.39 నుంచి 0.47కి పెరిగింది. ఇలా ఎందుకు జరిగింది? మొదటి నాణెం యొక్క ఫలితాలలో ఐదు బొమ్మలు బొరుసులు, ఐదు బొరుసులు బొమ్మలు అయ్యాయి. దాని వొగ్గు మారలేదు. రెండో నాణెం ఫలితాలలో బొరుసులు ఎక్కువ. ఏడు బొరుసులు బొమ్మలు, మూడే బొమ్మలు బొరుసులు అయ్యాయి. ఆచరణలో వొగ్గు కేవలం ప్రయోగ ఫలితాలలో ఎంత శాతం తప్పులు ఉన్నాయన్న విషయం మీదే కాక నాణెం యొక్క అసలు వొగ్గు విలువ మీద కూడా ఆధారపడి ఉంది. దీనినే మూల సంభావనా లోపం, బేస్ లైన్ ఫాలసీ అంటారు.

10 శాతం వరకు తప్పుకి అవకాశం ఉన్న రక్త పరీక్ష ఆచరణలో ఎల్లప్పుడూ స్థిరమైన శాతం ప్రజలకి తప్పు ఫలితం ఇవ్వదు. ఉదాహరణకు ఈ పరీక్ష పేద ప్రజలలో అనీమియా, రక్తహీనత కనుగొనడానికి అనుకుందాం. పేద ప్రజలలో అనీమియా 50 శాతం ఉండటం అసహజం కాదు. ఆ పరిస్థితులలో ఆచరణలో తప్పు కూడా 10 శాతం ఉంటుంది. ఇంకో పరిస్థితిని ఊహిద్దాం. అదే 10 శాతం తప్పుకి అవకాశం ఉన్న ఇంకొక రక్త పరీక్ష భయంకరమైన అంటువ్యాధిని గుర్తిస్తుంది. కానీ ఇతర రోగ లక్షణాల వల్ల జనాభాలో 1 శాతం మాత్రమే ఈ జబ్బుతో బాధపడుతున్నారని తెలుసు. ఆచరణలో రక్తపరీక్ష తప్పు 10 శాతం కంటే చాలా ఎక్కువ. ఎందువల్ల? వ్యాధి గురించి వార్తా ప్రచారం ఎక్కువై లక్ష మంది ఈ రక్త పరీక్ష చేయించుకున్నారు. ఇందులో 1 శాతం, వెయ్యి మంది మాత్రమే రోగం ఉన్నవాళ్ళు. కానీ 99 వేలలో 10 శాతం అంటే 9,900 మందికి రక్తపరీక్ష రోగం ఉందని తప్పు ఫలితం ఇస్తుంది. పదకొండు వేల మందికి జబ్బు ఉంది అనే ప్రచారంతో ఇంకొక లక్ష మంది పరీక్ష చేయించుకోటానికి సిద్ధమౌతారు. ఇది మూల సంభావనా లోపం ఉంటుందని గ్రహించకపోటం వల్ల వచ్చే నష్టం.

భుకంపం రాబోతోందని తెలిస్తే ప్రజలు చాలా కష్టనష్టాల నుంచి తప్పించుకోవచ్చు. కొన్ని కొన్ని చోట్ల భూకంపాలు రావటానికి సంభావన ఎక్కువ అని పరిశోధకులు చెప్పగలరు. వాళ్ళు భూకంపాలని తట్టుకోగల భవనాల కూడా నిర్మించగలరు. కానీ భూకంపం రాబోతోందని తెలియచేయగల ఎటువంటి పరీక్ష వైజ్ఞానికులు కనిపెట్టినా దానికి ఏదో కొంత శాతం తప్పయే అవకాశం ఉంటుంది. భూకంపాలు చాలా అరుదు. అందుచేత మూల సంభావనా లోపం వల్ల భూకంపాలు లేనప్పుడు వచ్చే తప్పు హెచ్చరికలు భూకంపాలు రావటానికి ముందు వచ్చే అసలు హెచ్చరికల కంటే చాలా ఎక్కువ సంఖ్యలో ఉంటాయి. అందుకే ఆచరణలో భూకంపాలు రావటానికి ముందుగా హెచ్చరికలు చేయటం అసాధ్యం. ఈ విధమైన పరిమితులను వైజ్ఞానికులు సైతం అప్పుడప్పుడు గుర్తించరు. ఇటలీలో కొంత మంది వైజ్ఞానికులు తాము కనుగొన్న పరీక్ష చాలా విలువైనదని ప్రచారం చేసారు. చివరికి భూకంపం రాకకు ముందుగా హెచ్చరిక ఇవ్వ లేక పోయారు. కోపించి స్థానిక ప్రజలు, కోర్టులో వాళ్ళ ప్రచారాన్నే సాక్ష్యంగా చూపి వాళ్ళని జైలుకి పంపించారు.

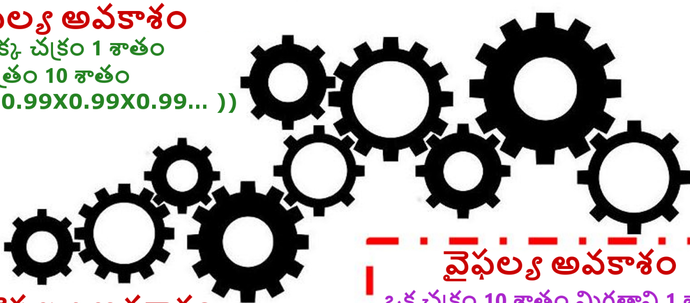
ప్రతి పరిశోధనా ఫలితానికీ ఎంతో కొంత శాతం తప్పయే అవకాశం ఉన్నట్లే ప్రతి యంత్రానికీ కొంత శాతం పాడై పనిచేయకుండా పోయే అవకాశం ఉంటుంది. ఈ పరిమితిని ఆధునిక వైజ్ఞానికులు రెండు విధాలుగా ఆచరణలో తగ్గించే ప్రయత్నం చేస్తారు. ఒక మార్గానికి మంచి ఉదాహరణ వైద్య శాస్త్రం. ఒకే పరీక్షా ఫలితం ఆధారంగా రోగ నిర్ధారణ జరగదు. ముందు చర్చించినట్లు జబ్బు లేకుండా ఆవిధమైన తప్పు ఫలితం వచ్చే సంభావన ఎప్పుడూ ఉంటుంది. వైద్యులు ఇతర పరీక్షా లక్షణాలని జోడిస్తారు. ప్రతి పరీక్షలో అడిగే ప్రశ్న ఆదే. అనుమానిస్తున్న జబ్బు లేకపోయినా ఈ లక్షణం లేదా పరీక్షా ఫలితం లభించే అవకాశం ఎంత. జబ్బు లేకుండా ఇవి అన్నీ సమిష్టిగా ఒకేసారి కనపడే అవకాశం ఎంత? రోగ లక్షణాలూ పరీక్షా ఫలితాలూ ఒకటిని ఒకటి బలపరిచి వైద్యులు నిర్ధారణకు రావటానికి సహాయ పడతాయి.



పైన చిత్రంలో చూపినట్టు వైద్య పరీక్షలు అన్నీ స్వతంత్రంగా పనిచేస్తాయి. సమాంతరంగా కలుస్తాయి. మరీ ప్రమాదకరమైన జబ్బు నిర్ధారించడానికి రెండో వైద్యుడిని సంప్రదించటం సహజం. ఇదీ స్వతంత్ర సమాంతర ప్రయత్నానికి ఉదాహరణే. ఈ బేయీజియన్ గణాంక ప్రక్రియను కనుగొన్నది పద్దెనిమిదవ శతాబ్దం ఇంగ్లీష్ శాస్త్రజ్ఞుడు బేయిజ్.

ఆచరణలో వైఫల్య అవకాశం తగ్గించటానికి సమాంతర విస్తరణ రోగ నిర్ధారణకే పరిమితం కాదు. వైఫల్యాలను తగ్గించటం చాలా ముఖ్యం అనుకున్నప్పుడు ఈ విస్తరణకు అవసరమయ్యే పదార్ధ శక్తి వనరులనీ అందువల్ల అయ్యే ఆర్థిక ఖర్చులనీ గణనలోకి తీసుకోము. ఉదాహరణకు ఉన్న రెండిటిలో ఒక ఇంజను ఆగినా కూలిపోకుండా విమానాల రూపకల్పన చేస్తారు. ఇద్దరు పైలట్లు ఉంటారు కానీ అవసరమైతే ఒక్కరే విమానం నడపగలరు.

చక్రం, ఇరుసు, గిలక లాంటి చిన్న సామాన్య యంత్రాలలో ఎక్కువ భాగాలు ఉండవు. యంత్రం యొక్క క్లిష్టత పెరిగిన కొద్దీ దాని లోని భాగాల సంఖ్య చాలా పెరుగుతుంది. ఏ ఒక్క భాగం పనిచేయకపోయినా మొత్తం యంత్రం పని చెయ్యదు. దీనిని పక్క పేజీలోని చిత్రం లో పళ్ళచక్రాల రూపంలో చూడవచ్చు.



మొదటి చక్రం తిరిగినప్పుడు ఆఖరి చక్రం కూడా తిరగాలంటే మధ్యలో ఉన్న చక్రాలు అన్నీ తిరగాలి. ఏ ఒక్కటి ఆగినా ఆఖరి చక్రం ఆగిపోతుంది. ఈ విధమైన రూపకల్పనలో భాగాలు సమాంతరంగా కాక శ్రేణిలో ఉంటాయి. అన్ని యంత్రాలకీ వాటిలో అన్ని భాగాలకీ సమాంతర వికల్పాలు చేస్తే యంత్రం తయారీకి కావలసిన వనరులు, యంత్రం పనిచేయటానికి కావలసిన శక్తి చాలా పెరిగి యంత్రం ఖరీదు ఎక్కువై ఎవరూ వాడని పరిస్థితి ఏర్పడుతుంది. ఇలా భాగాలు శ్రేణిలో ఉంటే పూర్తి యంత్రం విఫలమయ్యే అవకాశం ఒక్కొక్క భాగం యొక్క విఫలమయ్యే అవకాశం తో ఎలా మారుతుంది? ఉదాహరణకు చిత్రంలోని పది పళ్ళచక్రాలు ఒక్కొక్కటీ విఫలమయే అవకాశం 1 శాతం అయితే యంత్రం విఫలమయ్యే అవకాశం కూడా 1 శాతమేనా. కాదు. మొదటి పళ్ళ చక్రం 99 శాతం పనిచేస్తుంది. దానిలో 99 శాతం రెండవది కూడా పనిచేస్తుంది. అంటే రెండూ పనిచేసే అవకాశం గణించటానికి ఆ యొక్క సంఖ్యలు రెంటినీ హెచ్చువేయాలి. అలాగే పది పళ్ళచక్రాలు ఉన్నాయి కనుక యంత్రం వైఫల్య అవకాశం గణించటానికి ఇలాగే పది సార్లు హెచ్చువేయాలి. యంత్రం వైఫల్య అవకాశం సుమారు 10 శాతం. అదే ఈ పళ్ళ చక్రాలలో కేవలం ఒక చక్రం వైఫల్య అవకాశం 10 శాతానికి పెరిగితే యంత్ర వైఫల్య అవకాశం 18 శాతం వరకూ పెరుగుతుంది. అదే ప్రతి పళ్ళచక్రం వైఫల్య అవకాశం 10శాతం అయితే పూర్తి యంత్రం పనిచేసే అవకాశం 35 శాతం మాత్రమే.

గొలుసు యొక్క ధృఢత్వం అన్నిటికన్నా బలహీనమైన లంకె అన్న సామెత ఈ వాస్తవాన్ని గుర్తిస్తుంది. శ్రేణిలో ఉన్న యంత్ర భాగాలు ఒకదానికి ఒకటి బలపరచవు. ఒక భాగం విఫలమైతే దాని పనిని ఇంకొక భాగం చేయదు. యంత్రంలో చాలా భాగాలు ఉన్నప్పుడు అది విశ్వసనీయంగా పని చేయాలంటే ఏ ఒక్క భాగమైనా విఫలమయ్యే సంభావన చాలా తక్కువగా ఉండాలి. గడ్డి పోచలతో పేనిన తాడుతో ఏనుగుని కట్టవచ్చు అన్న సామెత ఈ సమాంతర విస్తరణకి సాధారణ జీవితంలో ఒక ఉదాహరణ. వైజ్ఞానిక పరిజ్ఞానం ఈ ఆలోచనలని సంఖ్యలుగా మారుస్తుంది. అప్పుడే యంత్ర రూపకల్పన సాధ్యం.